Spektrale Messungen der ultravioletten Himmelsstrahlung

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde
genehmigt von der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin

von

Wilhelm Schloemer
aus Aachen

Tag der Promotion: 25. Mai 1938
Tag der mündlichen Prüfung: 23. Juni 1937

Druck: Buchdruckerei F. Mitzlaff / Rudolstadt i. Thür.

N 10

Referenten: Dozent Dr. O. Hoelper
Professor Dr. H. v. Ficker

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

INHALTSANGABE

Seite

I. Einführung 5

II. Aufgabenkreis der Untersuchung 6

III. Konstruktion des U.-V.-Spektrographen 6

IV. Meßmethodik und photographische Behandlung der Spektrogramme . . . 7

V. Photometrische Auswertung mittels Spektrallinienphotometers 8

VI. Auswertung der Messungen 13
a) Messung der Zenithstrahlung 13
b) Messungen über weitere 6 Himmelsstellen im Sonnenvertikal 19

VII. Zusammenfassung 29

Literatur 30

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543925_0154

I. EINFÜHRUNG.

Bei der Untersuchung der kurzwelligen, insbesondere der ultravioletten Strahlung, hat man zuerst fast ausschließlich die direkte Sonnenstrahlung berücksichtigt. Erst später wandte sich die Forschung der kurzwelligen Himmelsstrahlung zu, nachdem man erkannt hatte, daß der Nutzeffekt der bei uns wirksamen Strahlen mit einem nicht unbeträchtlichen Anteil durch die kurzwellige Himmelsstrahlung erzielt wird. Nach Abbots Messungen beträgt in unseren Breiten die diffuse Himmelsstrahlung 25—30% der direkten Sonnenstrahlung. Im kurzwelligen Spektralbereich allein aber übertrifft der vom Himmel herrührende Strahlungsbetrag noch denjenigen des direkten Sonnenlichtes.

Die gesamte von der Sonne einfallende Strahlung vom Infrarot bis zum U.-V. einschließlich zerfällt beim Durchgang durch die Atmosphäre in zwei Komponenten, und zwar in die direkte Sonnenstrahlung, die die Erdoberfläche erreicht, und in die diffuse, der wir das Himmelslicht verdanken. Das direkte Wellenbündel erleidet beim Gang durch die atmosphärischen Gasschichten eine Schwächung, die — soweit sie auf Diffraktion oder Zerstreuung an diskreten Partikeln beruht — das diffuse Himmelslicht hervorruft. Damit tritt die Gasmasse der Atmosphäre als optisch trübes Medium in Erscheinung. Bei der in dem Schwächungsprozeß außerdem stattfindenden selektiven Absorption tritt im Gegensatz zur Extinktion eine Energieumformung (meist in Wärme) ein.

Zur Erfassung dieser Zusammenhänge hat man schon bald die Untersuchung der kurzwelligen bzw. ultravioletten Strahlungskomponente im Sonnen- bzw. Himmelslicht an strahlungsklimatisch begünstigten Orten aufgenommen. Das hierfür benutzte Meßgerät war die photoelektrische (K, Cd)-Zelle, die den Nachteil hat, daß sie nicht für alle auf sie treffenden Strahlen gleich empfindlich ist. Bei der wechselnden Zusammensetzung des Sonnen- oder Himmelslichtes ergeben sich hieraus große Schwierigkeiten, die auch durch den Gebrauch von Filtern nicht restlos zu beseitigen sind (C. Dorno in Davos, O. Hoelper in Riezlern, Götz in Arosa).

O. Hoelper lenkte die Aufmerksamkeit gerade auf die Intensitätsverhältnisse im U.-V. und empfahl für eingehendere Untersuchungen eine spektrale Zerlegung, um somit eine qualitative Intensitätserfassung im Gegensatz zur Messung eines ungenau definierten Spektralbereiches zu ermöglichen. Während über den U.-V.-Bereich des Sonnenspektrums von mehreren Orten heute derartige Messungen vorliegen, ist unsere Kenntnis über die spektrale Energieverteilung im diffusen Himmelslicht besonders im U.-V. noch einer eingehenden Forschung vorbehalten. Auch hier sind Messungen mit der

Cd.-Zelle ausgeführt worden (Dorno in Davos, Hoelper in Aachen). Aber es ist nicht zu übersehen, wieweit die gefundenen Meßergebnisse (z. B. der Helligkeitsverteilung über den Himmel, ihre Abhängigkeit von Sonnenhöhe und Sonnenabstand) absolute Bedeutung haben, da ja in den Angaben der Cd-Zelle eine Veränderung in der spektralen Zusammensetzung des Lichtes ebenso sich auswirkt wie eine Änderung der Strahlungsintensität.

II. AUFGABENKREIS DER UNTERSUCHUNG.

Es ist zu erwarten, daß innerhalb der einzelnen Bezirke im ultravioletten Himmelslicht eine von mehreren Faktoren abhängige, verschiedene Beeinflussung erfolgt. Nicht nur von der atmosphärischen Trübung, sondern auch von Sonnenhöhe und Sonnendistanz ist das diffuse Licht eines Himmelspunktes abhängig. Wenn aber eine qualitativ verschiedene Einwirkung der langwelligen sowie der kurzwelligen Strahlen innerhalb des U.-V.-Spektrums des diffusen Lichtes erfolgt, so müssen die Intensitätsverhältnisse des betrachteten Spektrums auch innerhalb eng begrenzter Spektralbezirke Unterschiede ergeben. Im folgenden ist versucht worden, experimentell den zuletzt angegebenen Gedankengängen nachzugehen, und zwar auf dem Wege einer spektrophotographischen Zerlegung des Himmelslichtes im U.-V.-Aufschluß über die qualitative Verteilung zu erhalten.

Leider konnte der vorgenommene Aufgabenkreis nicht restlos erschöpft werden, da zwei Umstände hemmend auf die Arbeiten wirkten. Erstens war es die ganz ungewöhnliche Ungunst der Witterung, die nur wenige klarblaue Strahlungstage brachte. Zweitens kam unvorhergesehen eine technische Schwierigkeit hinzu, die viel Zeit in Anspruch nahm: Zu allen Aufnahmen wurde die Agfa-Spektral-extrahart-blau-Platte verwandt, da diese nach mehreren Vorversuchen sich am geeignetsten erwies. Diese Plattensorte zeigte durch mehrere Packungen hindurch parallele Streifen, die ein späteres photometrisches Auswerten beträchtlich behindern konnten. Da bereits Messungen mit einwandfreien Emulsionsschichten vorlagen, konnte ich nur auf ein Abstellen dieses Umstandes bedacht sein, der durch die Bemühungen der Agfa-Berlin schließlich auch seine Erledigung fand.

III. KONSTRUKTION DES U.-V.-SPEKTROGRAPHEN.

Die Messungen wurden auf dem Dach des Meteorologischen Observatoriums Potsdam (geographische Breite = 52^0 23′ N) ausgeführt. Zur Aufnahme der Himmelsspektren wurde der von der Firma Zeiß auf Vorschlag von O. Hoelper für meteorologische und klimatologische Zwecke gebaute U-.V.-Spektrograph verwendet (s. Fig. 1).

Die Apparatur ist vertikal und horizontal drehbar. In beiden Richtungen ermöglichen Feinregulierungsschrauben Korrekturen. Optik und Prismen bestehen aus Quarz. Beim Einfall der Wellen durch den photographischen Verschluß treffen dieselben auf eine Zylinderlinse, von hier aus auf einen Spalt, dessen Breite mittels einer Mikrometerschraube verstellt werden kann (1 Teilstrich = 0,01 mm). Der Strahlengang wird dann durch ein Kolli-

matorobjektiv mit 20 mm Öffnung und ca. 25 cm Brennweite parallel gemacht und tritt dann in das Prismengehäuse von fünf abwechselnd links- und rechtsbrechenden Quarzprismen. Nach diesem Durchgang wird das zerlegte Strahlenbündel auf das eigentliche Kameraobjektiv von 24 mm Öffnung und ca. 25 cm Brennweite geworfen. Durch die Fokussierungsschraube ist die Brennweite regulierbar, um die größte Deutlichkeit der Spektrallinien zu erreichen. Die Kassette ist in einem Führungsrahmen senkrecht zur Dispersionsrichtung verschiebbar, so daß man bequem sieben Spektralbilder hintereinander auf derselben Platte exponieren kann. Nachträglich wurden in die Stativfüße Nivellierungsschrauben eingelassen sowie eine Dosenlibelle auf einer horizontalen Platte des Apparates befestigt. Mit der Horizontalachse des Instrumentes wurde ferner ein Zeiger verbunden, der sich zwecks Ablesung der bei der Messung jeweils beobachteten Sonnenhöhe über einer Gradskala bewegt. Um bei Exponieren der Platte im Sonnenvertikal vor Einwirkung der direkten Sonnenstrahlen (Reflexlicht an blanken Metallteilen und an der Linsenoberfläche) geschützt zu sein, wurde an dem photographischen Verschluß ein innen matt geschwärzter Tubus angebracht.

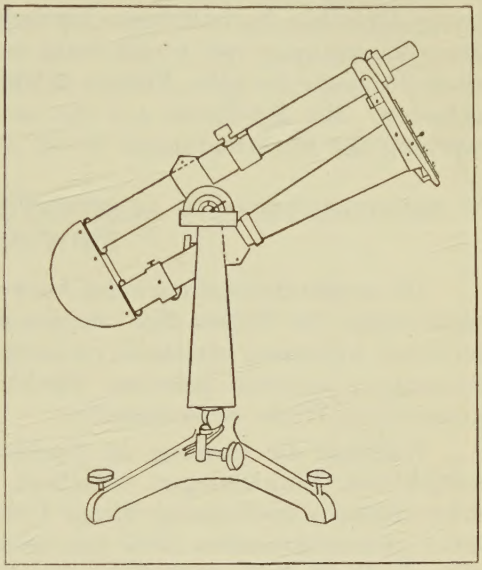

Fig. 1. U.-V.-Spektrograph.

IV. MESSMETHODIK UND PHOTOGRAPHISCHE BEHANDLUNG DER SPEKTROGRAMME.

Die Aufnahme der einzelnen Spektren erfolgte im Sonnenvertikal vom Südpunkt (Sp) im Südhorizont, über $\pm 10^0$ Sonnenabstand, Zenith (Z), Dunkelpunkt (Dp), 160^0-Punkt zum Nordpunkt (Np) im Nordhorizont.

Im folgenden wird eine Aufnahme gegen die genannten sieben Himmelspunkte im Sonnenvertikal Vertikalaufnahme genannt. Die Expositionszeit betrug konstant durch alle Aufnahmen 2,5 Min., um die umständliche und zeitraubende Reduktion von Aufnahmen verschiedener Belichtungszeit nach dem Schwarzschildschen Gesetz zu umgehen. Die Intensitätsschwankungen der Himmelsstrahlung liegen in solchen Grenzen, daß in den auszumessenden Spektren mit e i n e r Belichtungszeit gut vergleichbare Schwärzungsverhältnisse ohne Über- oder Unterbelichtungen erzielt werden können. Die Differenz in der Sonnenhöhe nach der Expositionszeit von 2,5 Min. war durchschnittlich $0{,}5^0$ (allerdings bei nicht zu niedrigem Sonnenstand,

bei dem aber sowieso wegen der zu großen Extinktion der ultravioletten Strahlen Aufnahmen nicht möglich waren).

Der Spalt des Spektrographen sowie die Fokussierungsschraube des Kameraobjektivs und die Öffnungsblende wurden durch alle Messungen hindurch in der günstigsten Stellung konstant gehalten. Alle Platten wurden unter denselben Verhältnissen bearbeitet. Es wurde Rodinal-Entwickler in einer Verdünnung von 1 : 20 stetig angesetzt. Die Entwicklungszeit betrug nach Stoppuhr bei allen Platten 5 Min. Die Temperatur wurde auf 16—18° gehalten. Mit Rücksicht auf die nachher erfolgende photometrische Auswertung der Spektrogramme wurde auf ein gutes Auswässern Wert gelegt.

V. PHOTOMETRISCHE AUSWERTUNG MITTELS SPEKTRALLINIEN-PHOTOMETERS.

Die spektralphotometrische Auswertung wurde mit dem Spektrallinienphotometer der Firma Zeiß vorgenommen. Hierbei sei betont, daß auch an dieser Apparatur sämtliche variierbaren Elemente durch alle Schwärzungsmessungen konstant gehalten wurden, um eine Vergleichsmöglichkeit der gemessenen Werte sicherzustellen.

Während die Messung der Spektrallinienschwärzung mittels Mikroskop subjektiven Einwirkungen unterliegt, gestattet die verwendete Apparatur eine völlige Ausschaltung dieses Umstandes durch die objektive Anzeige einer photoelektrischen Zelle mit einem empfindlichen Spiegelgalvanometer (Empfindlichkeit $5 \cdot 10^{-9}$ Amp. bei 1 m Abstand und 1° Skalenausschlag, Schwingungszeit 0,5 Sek.). Die Messungen der Schwärzung wurden stets in völlig verdunkeltem Raum vorgenommen, um die Photozelle vor der Einwirkung falschen Lichtes zu schützen. Um auch weiterhin Störungen durch eine zu starke Erhellung der Spektrallinienumgebung fernzuhalten, ist ein Vorspalt von zwei aus grünem Glas bestehenden Spaltplatten angebracht, der eine präzisere Einstellung und damit auch eine bessere Messung der vorgenommenen Spektrallinienschwärzung gestattet. Der Plattenträger kann in vertikaler und horizontaler Richtung zur Einstellung der Linien bewegt werden. Auf Vorschlag brachte die Firma Zeiß an dem Plattenträger eine horizontale Meß-Skala mit ganzen Millimetern nebst Mikrometerschraube ($^1/_{100}$ mm Ablesung) an. Diese Vorrichtung erlaubt, in horizontaler Richtung die lineare Entfernung der zu messenden Schwärzungsstellen zu bestimmen, was für die Orientierung im Spektrum und für die im folgenden erwähnte Aufstellung der Dispersionskurve von Wichtigkeit ist. Auf der Photometerbank befindet sich zur Ausleuchtung eine Nitralampe (6 Volt, 5 Amp.) in einem Kugelgehäuse dicht vor dem Vorspalt des photographischen Verschlusses. Durch einen Kondensor wird der Glühfaden der Nitrabirne in das Beleuchtungsobjektiv geworfen. Von dort aus wird unmittelbar hinter der Beleuchtungslinse die photographische Platte in dem Plattenhalter von einem scharfen Lichtkreis getroffen. Dieses Lichtbündel geht weiter durch ein Mikroskopobjektiv und wirft die Spektrallinie auf den Schirm der Photozelle bzw. auf den Präzisionsspalt derselben. Letzterer wurde durch alle Schwärzungsmessungen konstant gehalten (Spaltbreite = $^1/_{10}$ mm, das ist

schmal gegen die Spektrallinienbreite auf dem Schirm). Der Ausschlag des Galvanometers wurde an einer beleuchteten Skalenleiste mittels Fadenkreuzfernrohr abgelesen.

Zunächst galt es, einen möglichst genauen Einblick in den Schwärzungsverlauf der einzelnen Spektralbilder zu erhalten. Jedes Spektralbild beginnt, von links nach rechts zum kurzwelligen Teil im U.-V. gehend, mit der Ca-Absorptionslinie H ~ 3968,6 ÅE und K ~ 3933,7 ÅE. Als Fixpunkt für die photometrische Messung diente die H-Linie (s. Fig. 2 a, b, c).

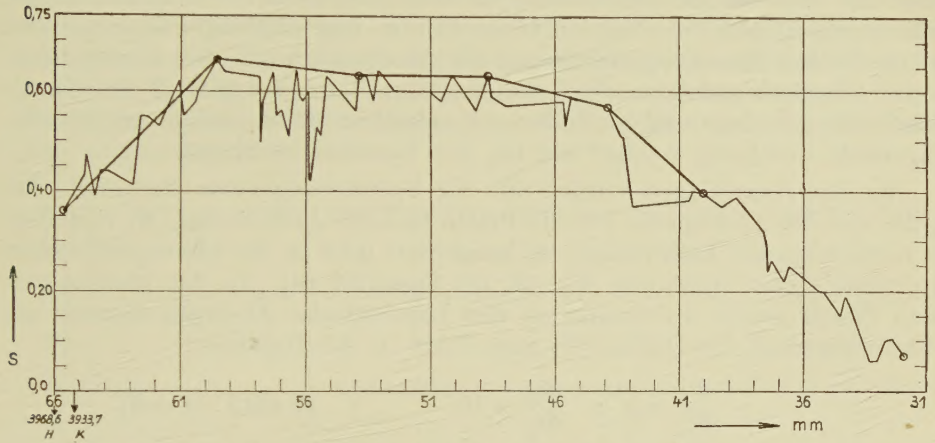

Fig. 2 a. Typischer Schwärzungsverlauf des spektral zerlegten Himmelslichtes.

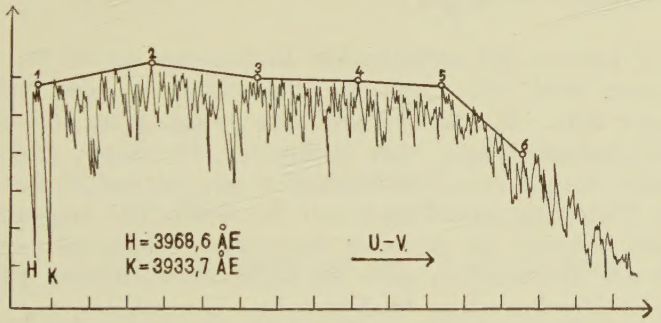

Fig. 2 b. Spektrogramm der diffusen Himmelsstrahlung im Sonnenabstand $\Delta = +10°$.

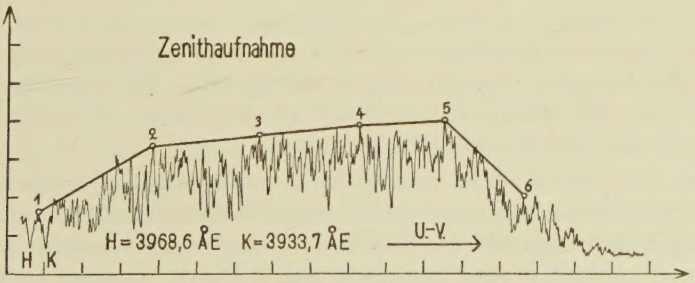

Fig. 2 c. Spektrogramm der diffusen Himmelsstrahlung.

Ihr ist in den anliegenden Spektrogrammen die Zahl „66“ zugeordnet, wodurch zugleich die Bestimmung der linearen Entfernung der zu messenden Spektrallinien festgelegt ist. Um zunächst einen Überblick über die Verteilung der Plattenschwärzung zu erhalten, wurden mehrere, unter verschiedenen atmosphärischen Zuständen aufgenommene Spektrogramme von Millimeter zu Millimeter durchphotometriert. Innerhalb dieses Intervalls wurde im Fernrohr der der größten Schwärzung entsprechende Ausschlag ermittelt und dazu ihr linearer Abstand vom Fixpunkt H an der Millimetereinteilung bzw. an der Mikrometerschraube abgelesen. Die Schwärzungsstelle wurde in dem betreffenden Intervall vor- und rückwärts durchgezogen und in beiden Bewegungsrichtungen ihr Skalenwert auf der Anzeigeleiste nahezu identisch gefunden. Bei der längsten Meßdauer betrug der Unterschied der zu Anfang und zu Ende an der gleichen Stelle gemessenen Schwärzungswerte durchweg weniger als 1% des Gesamtausschlages.

Aus den Ausschlägen wurden nun die Schwärzungswerte errechnet. Ist Φ_0 die von der Lichtquelle auf die Platte fallende Lichtmenge, Φ_1 diejenige der durchfallenden Lichtmenge, so bezeichnet man in der photographischen Photometrie das Verhältnis $\Phi_0 : \Phi_1$ als Opazität (0). In der photometrischen Praxis ist in Anlehnung an das Lambertsche Absorptionsgesetz als Schwärzungsmaß die Dichte (D) eingeführt in der Relation:

$$\frac{\Phi_0}{\Phi_1} = e^{D}; \quad \frac{\Phi_0}{\Phi_1} = 10^{0{,}4343 \cdot D}; \quad [0{,}4343 \cdot D = S]$$

$$\text{Schwärzung } S = \log \frac{\Phi_0}{\Phi_1},$$

wobei einfacher anstatt der auffallenden Lichtmenge unter Φ_0 die Lichtmenge verstanden wird, die durch die ungeschwärzte (also unbelichtete) Emulsionsschicht fällt. Φ_0 und Φ_1 sind nun proportional den ihnen entsprechenden Skalenausschlägen vom Nullpunkt der Skala aus. Die entsprechende Stelle der größten Durchlässigkeit (Φ_0) in der Emulsionsschicht wurde auf der Platte gekennzeichnet und die Größe des zugehörigen Ausschlages oftmals während der Messung überprüft. Desgleichen wurde auch der Nullpunkt der Anzeigeskala (also bei völlig unbelichtetem Photozellenspalt) nach jeder Messung eines Spektralbildes kontrolliert.

Fig. 2a zeigt eine über 73 Schwärzungsstellen so ermittelte Kurve. Die Ordinatenachse trägt die Schwärzungswerte, die Abszissenachse die linearen Abstände der gemessenen Linien. Beigefügt sind zwei mit einem Zeißschen Registrierphotometer aufgenommene Spektrogramme verschiedener Himmelspunkte, in die für eine Anzahl übereinstimmender Wellenlängen die aus den Angaben des Spektrallinienphotometers ermittelten Schwärzungswerte zum Vergleich maßstäblich eingetragen sind.

Nachdem bei einer Anzahl von Spektrogrammen ein Überblick über den Verlauf der Schwärzungskurven erzielt war, wurden zunächst alle Platten aus Zeitersparnisgründen auf 14 Schwärzungsbereiche reduziert, untersucht und gezeichnet. Die Kurvenzüge einer jeden Platte zeigten unter sich in ihrem Verlauf mit geringen Abweichungen ziemlich große Ähnlichkeit. Zu-

letzt erstreckte sich die Untersuchung nur mehr auf 6 Wellenbereiche, die vollkommen ausreichend sind zu einer Charakterisierung der Schwärzungs- bzw. Intensitätsverhältnisse in dem untersuchten U.-V.-Spektralgebiet. Auf dem Kurvenbild Fig. 2 a, b, c sind diese 6 Stellen durch dick ausgezogene Linien gekennzeichnet. Die linearen Abstände der zu untersuchenden Schwärzungsstellen vom Fixpunkt H aus wurden zur Überprüfung der Mikrometerschraube des Plattenträgers noch durch ein Mikroskop, das in liebenswürdiger Weise die Firma Zeiß zur Verfügung stellte, nachgemessen und die Abstandswerte mit den vorher ermittelten als nahezu gleich gefunden. Zur Identifizierung der Wellenlängen wurden mit dem U.-V.-Spektrographen mittels einer Quecksilber-Quarzlampe Hg-Linien als Vergleichsspektren überphotographiert. Zwecks weiterer Orientierung im Spektrogramm wurde der Kaysersche Spektralatlas zu Hilfe genommen und daraufhin die Dispersionskurve (Fig. 3) gezeichnet.

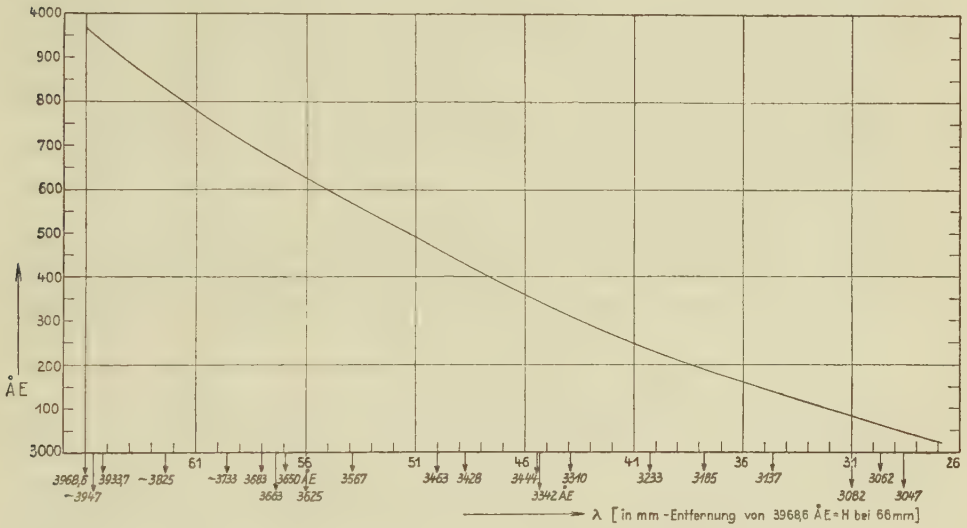

Fig. 3. Dispersionskurve des U.-V.-Spektrographen.

Schon beim Betrachten der einzelnen Spektrogramme unter dem Mikroskop sowie auch mit dem unbewaffneten Auge kann man mehr oder weniger große Bezirke unterscheiden, die einen deutlich markanten Abfall der Schwärzung zeigen (Hartleysche atmosphärische Absorptionsbanden). Es erfolgt ein deutlich wahrnehmbarer Abbruch bei ~ 3850 ÅE. Von ~ 3832 ÅE bis ~ 3617 ÅE ist hinsichtlich des Schwärzungsgrades ein großer Spektralbezirk zu beobachten. Weitere Bezirke folgen von ~ 3617 ÅE bis ~ 3238 ÅE, von ~ 3238 ÅE bis ~ 3062 ÅE. Hinter ~ 3062 ÅE beobachtet man einen auffallend scharfen Abfall zu den letzten Wellenlängen des ultravioletten Spektrums. In den Kurvenbildern sind die obenerwähnten Stellen an der Abszissenachse zum Teil vermerkt. Die Gesamtlänge der Spektren schwankt natürlich unter dem Einfluß der eingangs bereits angegebenen Variablen (Sonnenhöhe, Sonnendistanz, Azimut, optische Trübung).

Eine besondere Untersuchung galt der Frage, wie die Schwärzungswerte innerhalb der einzelnen Aufnahmeserien untereinander in Beziehung zu setzen sind, um daraus auf die zugehörigen Intensitäten schließen zu können. Eigentlich kann die Antwort nur in der Aufstellung einer Schwärzungskurve für jede Platte erfolgen. Zeitumstände versagten die Durchführung jenes Experimentes an der großen Plattenmenge. Um aber trotzdem Gewißheit über die Vergleichbarkeit der gemessenen Schwärzungswerte innerhalb der Aufnahmeserien ohne erhebliche Unterschiede zu erhalten, wurde folgender Hilfsweg eingeschlagen: Es wurde darauf geachtet, daß die Eigenschaften der photochemischen Emulsionssubstanz sowie auch die durch die spezifischen Eigenschaften des Entwicklers sich ergebenden Faktoren konstant gehalten wurden. Zur Verwendung kamen deshalb für endgültige Messungen nicht offen käufliche sondern dieselben Spezialplatten, deren Gammawert nach Angabe des Laboratoriums der Agfa-Werke zu 2,6 angesetzt wurde. Die Plattenempfindlichkeit spielte insofern keine Rolle, als es nur auf relative Intensitäten ankam. Von Bedeutung war lediglich die Innehaltung eines geeigneten Schwärzungsbereiches bei genauer Beobachtung gleicher Behandlungsart in stets gleichem Entwicklerbad. Unter diesen Voraussetzungen ist die Errechnung der Intensitätsverhältnisse aus den Schwärzungsverhältnissen der Spektrallinien als hinreichend gesichert anzusehen. Die Aufnahmeserien verschiedener Platten gleicher Emulsionsart sind durch Parallelaufnahmen leicht aneinander anzuschließen.

In bezug auf die spektrale Vergleichbarkeit der Schwärzungen muß indessen eine Einschränkung gemacht werden. Zuweilen, so an den Enden der untersuchten Spektralbereiche, sinken die gemessenen Schwärzungswerte so stark ab, daß nicht mehr von der Einhaltung des gleichen Schwärzungsbereiches, also des konstanten Gammawertes, gesprochen werden kann. Die hier ermittelten Intensitäten lassen dann wohl einen Vergleich verschiedener, unter entsprechenden Bedingungen gewonnenen Aufnahmen derselben Spektrallinie zu, sind aber nicht zahlenmäßig vergleichbar mit den Intensitäten des übrigen Spektralbereiches. Der Endbereich des Spektrums unterhalb 3200 ÅE ist daher auch in der vorliegenden Untersuchung ganz außer Betracht gelassen worden. Für weiter auseinanderliegende Wellenlängen stimmen übrigens auch die Schwärzungskurven im allgemeinen nicht überein. Innerhalb des von uns untersuchten verhältnismäßig engen Spektralbereiches sind diese Abweichungen aber zu vernachlässigen. Auch die Unterschiede des von der Dispersion des U.-V.-Spektrographen und der Absorption im Apparat abhängigen spektralen Intensitätsganges blieben unberücksichtigt, da in dem betrachteten schmalen Bereich des Spektrums diese sich als gering herausstellten. Die beiden zuletzt besprochenen Effekte gehen zudem gegeneinander.

Genauere Untersuchungen, d. h. absolute Messungen, verlangen die Berücksichtigung jener Einflüsse auf experimenteller Grundlage. Eine derartige genauere Untersuchung konnte hier nicht durchgeführt werden.

Bei gleicher Sonnenhöhe am gleichen Tage wurden nunmehr mehrere Aufnahmen auf derselben Platte gegen die gleiche Himmelsstelle gemacht. Dasselbe wurde ebenfalls auf verschiedenen Platten ausgeführt. Eine weitere

Kontrollmöglichkeit lag in einer Serie von Zenithaufnahmen, die über mehrere Monate hindurch in doppelter Aufnahme, d. h. jedesmal dieselbe Zenithaufnahme auf zwei Platten, vorgenommen wurden. Diese letzteren Zenithaufnahmen konnten weiterhin in ihren Schwärzungswerten mit denjenigen der Vertikalaufnahmen vom gleichen Tage auf nicht gleicher Platte sowie

Tabelle 1.

Kontrollaufnahmen gegen Zenith im Sonnenvertikal.

Tag	h⊙	J_λ für ~ 3947 ÅE	J_λ für ~ 3733 ÅE	J_λ für ~ 3567 ÅE	J_λ für ~ 3428 ÅE	J_λ ür ~ 3310 ÅE	J_λ für ~ 3226 ÅE	
17. 12. 36	15°	1,01	1,07	1,08	1,11	1,11	1,02	auf verschiedenen
17. 12. 36	15°	1,01	1,07	1,08	1,11	1,11	1,02	Platten
24. 1. 37	18°	1,05	1,16	1,20	1,21	1,19	1,09	auf verschiedenen
24. 1. 37	18°	1,07	1,20	1,21	1,22	1,21	1,09	Platten
24. 3. 37	38°	1,14	1,33	1,36	1,40	1,38	1,17	auf gleicher Platte
24. 3. 37	38°	1,14	1,36	1,38	1,42	1,40	1,19	auf gleicher Platte
24. 3. 37	38°	1,14	1,36	1,38	1,42	1,40	1,19	auf verschiedenen
24. 3. 37	38°	1,10	1,35	1,36	1,45	1,42	1,21	Platten

auch mit solchen von anderen Tagen verglichen werden. Beim photometrischen Auswerten zeigte sich eine praktisch zu vernachlässigende Abweichung, die innerhalb der erlaubten Fehlergrenze von 5% lag. Einige Zahlenbeispiele dienen zur Erhärtung des vorher Gesagten (s. Tab. 1).

VI. AUSWERTUNG DER MESSUNGEN.

Die in relativen Intensitätseinheiten aufgezeichneten Kurvenzüge zeigen mit den ihnen entsprechenden Schwärzungskurven ähnlichen Verlauf. Aus den eingangs aufgestellten Überlegungen wurden die Untersuchungen zuletzt auf sechs Wellenlängenbereiche beschränkt. Bei den übrigen sind ganz entsprechende Intensitätsänderungen zu erwarten. Die Wellenlängenbereiche sind an der Abszissenachse der unten beigefügten Kurvenbilder gekennzeichnet.

a) Messung der Zenithstrahlung.

Tab. 2 gibt zunächst Einblick in den spektralen Gang der diffusen Zenithstrahlung innerhalb der sechs Wellenlängenbereiche. Bei diesen Aufnahmen wurden jeweils wieder zwei Platten unmittelbar hintereinander bei gleicher Sonnenhöhe exponiert, um die exakte Vergleichbarkeit der photometrischen Werte besser zu sichern. Nachdem hierdurch, wie durch die vorbereitenden Versuche (s. Tab. 1) festgestellt war, daß die am gleichen Tage, also bei gleichen äußeren Verhältnissen (Sonnenhöhe und atmosphärischer Zustand) auf derselben und auf verschiedenen Platten gewonnenen Aufnahmen Übereinstimmung zeigten, galt zunächst das Augenmerk dem Vergleich der Spektren der Zenithstrahlung bei gleicher Sonnenhöhe an verschiedenen Tagen.

Tabelle 2.

Spektraler Gang der diffusen Zenithstrahlung im U.-V.

Figur	Kurve	Tag	$h_\odot$	J_λ für λ 3947 ÅE	J_λ für λ 3733 ÅE	J_λ für λ 3567 ÅE	J_λ für λ 3428 ÅE	J_λ für λ 3310 ÅE	J_λ für λ 3226 ÅE	Atmosphärische Verhältnisse
4 ●	I	17. 12. 36	15°	1,01	1,07	1,08	1,11	1,10	1,02	V = wolkenlos
4 ◉	II	28. 12. 36	15°	1,01	1,07	1,08	1,11	1,10	1,03	⊙ = frei, tiefe Blaufärbung
4 ●	III	9. 1. 37	15°	1,02	1,10	1,11	1,14	1,13	1,04	Im Umkreis Fc, Z = klar
4 ×	IV	24. 1. 37	15°	1,07	1,20	1,21	1,22	1,20	1,09	Z = sonst klar, Ci in Nähe von Z
5 ●	I	24. 1. 37	18°	1,05	1,16	1,16	1,21	1,19	1,09	Tiefe Blaufärbung
5 ×	II	24. 1. 37	18°	1,07	1,20	1,21	1,22	1,21	1,09	V = klar und wolkenlos
6 ●	I	25. 2. 37	28°	1,24	1,40	1,42	1,43	1,38	1,14	Leichte Fc ziehen während des Exponierens vorbei
6 ×	II	25. 2. 37	28°	1,16	1,17	1,20	1,24	1,23	1,11	Z = klar; vor ⊙ im Südbogen eine Cu (Ac)
7 ⊕	III	24. 3. 37	30°	1,09	1,32	1,35	1,40	1,33	1,16	Z = zwar frei; im Südbogen Cu verstreut. ⊙ = während der Aufnahme frei
8 ◉	VI	24. 3. 37	38°	1,14	1,33	1,36	1,40	1,38	1,17	Z = ziemlich klar. ⊙ strahlt nicht durch, etwas Dunst
8 ●	VII	24. 3. 37	38°	1,14	1,36	1,38	1,42	1,40	1,19	
7 ⊕	I	24. 3. 37	37°	1,10	1,35	1,36	1,45	1,42	1,21	Z = ziemlich klar-blau; ⊙ strahlt nicht durch (Dunst)
7 ×	II	24. 3. 37	37°	1,07	1,33	1,41	1,47	1,46	1,20	Im Südbogen kleine Cu; ⊙ strahlt nicht durch (Dunst)
4 ⊕	V	7. 4. 37	43°	1,25	1,65	1,63	1,64	1,55	1,33	Dunst im Z. Südbogen und Nordbogen viele Cu
4 ●	VI	7. 4. 37	43°	1,36	1,64	1,62	1,65	1,57	1,32	Im Südbogen mehr Cu als im Nordbogen

●, ×, ⊕ = Expositionen auf je der gleichen Platte.

V = Vertikal
Z = Zenith
⊙ = Sonne

Die ersten Messungsbeispiele in Tab. 2 bei einer Sonnenhöhe von 15° zeigen den Einfluß der atmosphärischen Trübungszustände bzw. der Bewölkungsform. Bei dem Vergleich untereinander ist die Anwesenheit von leichten Cirren bzw. Cirrostratus und leichten Fractokumuli in Nähe des sonst klaren Zeniths in einer Intensitätssteigerung erkennbar. Die diesen Meßreihen in Tab. 2 zugehörigen Kurvenzüge (I, II, III, IV) sind in Fig. 4

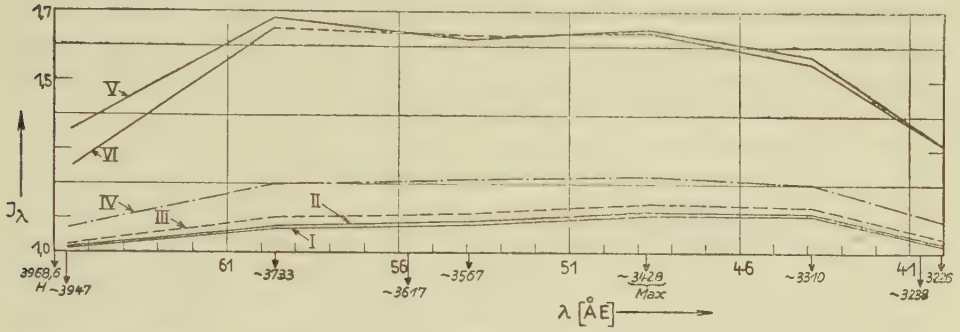

Fig. 4. Spektraler Gang der diffusen Zenithstrahlung [s. Tab. 2].

gegeben. Zur besseren Übersicht sind I und II voll ausgezogen, III und IV gestrichelt. I und II zeigen bei wolkenlosem Himmel und klarstrahlender Sonne fast identischen Verlauf. Während dieses Ergebnis der Erwartung entspricht, ist bei der gleichen Sonnenhöhe (15°) die Intensitätssteigerung bei III und IV eine Folge der erhöhten Zerstreuung durch das Auftreten der eben erwähnten Wolkenarten in Zenithnähe. Dieses Anwachsen der

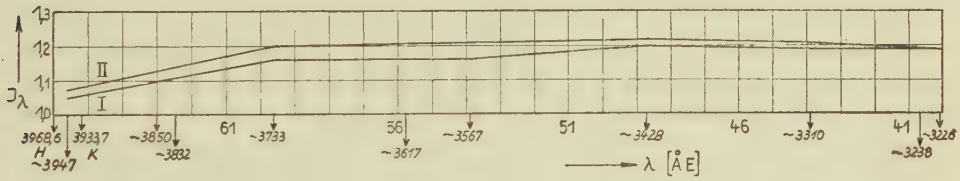

Fig. 5. Spektraler Gang der diffusen Zenithstrahlung [s. Tab. 2].

Werte ist bei leichten Cirren stärker als bei Fractokumuli. Die intensitätssteigernde Wirkung auf die Größe der Himmelsstrahlung bei kalorimetrischen Messungen sowie im sichtbaren Gebiet ist bekannt. Im vorliegenden Fall ist das kontinuierliche Ansteigen unter den obengenannten Umständen selbst noch im U.-V. von Interesse. Aus Tab. 2 ist weiterhin bei steigender Sonnenhöhe ein Zunehmen der Werte im U.-V. zu ersehen, das einerseits auf den Effekt einer stärkeren Diffusion im Zenith durch die Sonnennähe, andererseits auch auf die geringere Schwächung der von der Sonne einfallenden kurzwelligen Strahlen durch die kürzere durchsetzte Atmosphärenschichte zurückzuführen ist. Innerhalb dieser Erscheinung treten natürlich Schwankungen der Intensitätswerte in Abhängigkeit von der Trübung bzw. von Wolkenformen auf, durch die die Diffusion vermehrt wird. Zwischen 15

und 18° Sonnenhöhe bleibt die Intensitätssteigerung bei klarer Blaufärbung in der Größenordnung der eben betrachteten Intensitätszunahme durch stärkere Trübung. Bei weiterer Verfolgung weisen die Kurven I und II in Fig. 5 bei klarer Blaufärbung im Zenith trotz der größeren Sonnenhöhe von 18° im Vergleich zu den vorhergehenden Werten in Tab. 2 zu geringe Intensitäten auf. Diese finden ihre Erklärung in der optisch besseren Beschaffenheit der Atmosphäre an dem auffallend klaren Wintertag des 24. Jan. 1937. Je geringer die optische Trübung ist, um so tiefer liegen die Intensitätswerte für die einzelnen Spektralbereiche im U.-V. Die graphische Darstellung in Fig. 6 (Kurvenzüge I und II, die den Werten in Tab. 2 vom 25. Febr. 1937

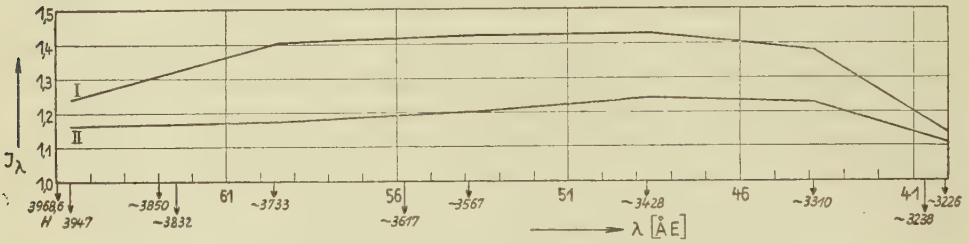

Fig. 6. Spektraler Gang der diffusen Zenithstrahlung [s. Tab. 2].

bei $h_\odot = 28^0$ zugeordnet sind) bestätigt deutlicher, daß die Größe der diffusen Zerstreuung auch noch innerhalb des betrachteten U.-V.-Bereiches von der Art der Trübung abhängt. Die Kurvenwerte für I in Fig. 6 sind relativ zu II bei gleicher Sonnenhöhe sehr stark erhöht. Bei I ziehen während des Exponierens leichte Fc am Zenith vorüber und erhöhen den Diffusionsgrad. Bei Kurvenzug II ist der Zenith klar blau. Die Exposition bei $h_\odot = 30^0$ (Tab. 2) ergab mit ihrer graphischen Darstellung in Fig. 7 Kurvenzug III in Vergleich mit derjenigen bei $h_\odot = 28^0$ (Fig. 6, Kurve II) bei der geringen Sonnenhöhendifferenz von 2° gesteigerte Intensitätswerte, bei deren Erklärung allerdings auch die an diesem Tage (24. März 1937) beobachteten vereinzelten Cu in Zenithnähe berücksichtigt werden müssen. Der Zenith selber war frei und klar blau. In Fig. 7 weichen die Werte (s. Tab. 2) der

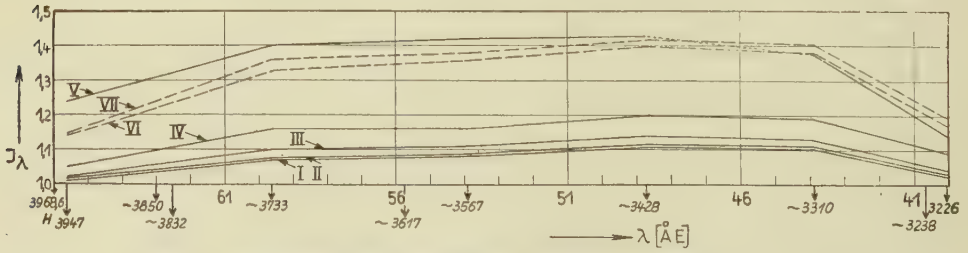

Fig. 7. Spektraler Gang der diffusen Zenithstrahlung [s. Tab. 2].

Kurven VI und VII unter sich praktisch nicht voneinander ab. Die Exposition erfolgte hintereinander am gleichen Tage bei $h_\odot = 38^0$. Der geringe Unterschied in der 2. Dezimalen liegt noch innerhalb der erlaubten Fehler-

grenze. Die Kurvenzüge in Fig. 7 (VI und VII) unter $h = 38^0$ sowie die folgenden in Fig. 8 (I und II) unter $h_\odot = 37^0$ stammen vom gleichen Tage

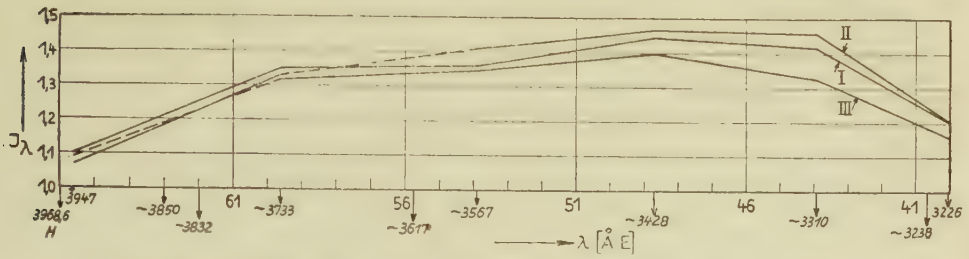

Fig. 8. Spektraler Gang der diffusen Zenithstrahlung [s. Tab. 2].

(24. März 1937). Diese Werte weichen nicht wesentlich voneinander ab. Die atmosphärischen Verhältnisse, unter denen die Exposition erfolgte, waren für alle drei Aufnahmen ziemlich gleichbleibend. Da wegen Dunsttrübung die Sonne nicht durchstrahlte, ergab sich gegenüber den Werten vom 25. Febr. 1937 (Fig. 6, I und II — Tab. 2) die Wahrscheinlichkeit, daß die Dunsttrübung für die hohen Intensitätswerte mit verantwortlich war, da der Unterschied der Sonnenhöhe zwischen $h_\odot = 28^0$ und $h_\odot = 38^0$ allein ein Wachsen nicht erklärt. Die an ganz klaren Herbsttagen bei ungefähr gleicher Sonnenhöhe gemessenen Werte (s. Tab. 4) liegen erheblich unter den genannten Frühjahrswerten.

Die beiden letzten Expositionen vom 7. April 1937 bei einer Sonnenhöhe von $h_\odot = 43^0$ (Fig. 4, V und VI) wurden auf verschiedenen Platten, aber unter gleichen atmosphärischen Zuständen vorgenommen. Mit Absicht wurde eine ungünstige atmosphärische Beschaffenheit benutzt, um die Wirkung

Tabelle 3.

Spektraler Gang der diffusen Zenithstrahlung
(am gleichen Tage, 13. September 1936).

$h_\odot$	J_λ für λ 3947 ÅE	J_λ für λ 3733 ÅE	J_λ für λ 3567 ÅE	J_λ für λ 3428 ÅE	J_λ für λ 3310 ÅE	J_λ für λ 3226 ÅE	Atmosphärische Verhältnisse
40,5°	1,05	1,16	1,19	1,25	1,24	1,16	V = wolkenlos, Z = klar-blau.
39,0°	1,08	1,22	1,24	1,31	1,30	1,18	Im Südbogen des V Dunstbildung und Wolkenstreifen.
33°	1,07	1,21	1,23	1,28	1,25	1,14	Etwas Dunst in großen Höhen. Im Südbogen noch Wolkenstreifen, V = wolkenlos, Z = klar-blau.
29,5°	1,06	1,18	1,21	1,24	1,22	1,12	Dunst geringer. V = wolkenlos, nur im Südbogen vereinzelt Wolkenstreifen. Z = sehr klar-blau.
19,0°	1,00	1,12	1,14	1,14	1,14	1,07	Z = sehr klar-blau; im Südbogen nur noch wenige Wolkenstreifen.

Z = Zenith; V = Sonnenvertikal; $h_\odot$ = Sonnenhöhe.

Tabelle 4.

Spektraler Gang der diffusen Zenithstrahlung

(an verschiedenen klaren Herbsttagen).

$h_\odot$	J_λ für 3947 ÅE	J_λ für 3733 ÅE	J_λ für 3567 ÅE	J_λ für 3428 ÅE	J_λ für 3310 ÅE	J_λ für 3226 ÅE	Atmosphärische Verhältnisse
40,5°	1,05	1,16	1,19	1,25	1,24	1,16	V = wolkenlos; Z = klar-blau.
40,2°	1,08	1,27	1,30	1,37	1,36	1,32	⊙ strahlt nicht durch wegen Dunst im Südbogen.
39,0°	1,07	1,22	1,24	1,31	1,30	1,18	V = wolkenlos. Im Südbogen = As (Dunst).
38,4°	1,03	1,14	1,17	1,24	1,23	1,14	V = wolkenlos, nur noch wenig Dunst.

der Dunsttrübung sowie des Vorhandenseins von großen Cu sowohl im Südbogen als auch im Nordbogen des Vertikals auf die Zerstreuung markanter hervortreten zu lassen. In der Differenz der Sonnenhöhe von 6° gegenüber den Werten bei einer Sonnenhöhe von 37° kann die beobachtete Intensitätssteigerung allein nicht begründet liegen. Die Identität der Kurvenwerte von zwei verschiedenen Platten ist auch hier — wie erwartet werden mußte — gut zu ersehen.

Zum weiteren Überblick über den spektralen Gang der diffusen Zenithstrahlung im U.-V. sind noch einige Beispiele in den Tab. 3 u. 4 gegeben. Tab. 3 veranschaulicht den spektralen Gang der diffusen Zenithstrahlung am gleichen Tage in Abhängigkeit von der Sonnenhöhe. Die bereits oben beobachtete allgemeine Tendenz der Intensitätsverminderung mit sinkender Sonne tritt auch hier in Erscheinung; dabei wird dieses Moment durch die Wirkung von Wolken und Dunst wiederum variiert, wobei beide Effekte z. T. gegeneinander wirken. Die Tab. 4, die oben schon angeführt wurde, ist dadurch bemerkenswert, daß dieselbe verschiedene, aus einer anderen Jahreszeit entstammende Aufnahmen einander gegenüberstellt. Sie bestätigt im Vergleich der einzelnen Tage unter sich, was eben über den Einfluß von Trübung und Bewölkung erwähnt wurde. Aber gleichzeitig wird deutlich, daß auch im Jahresgang noch Einflüsse sich geltend machen, die die U.-V.-Strahlung des Himmelslichtes systematisch modifizieren (O. Hoelper).

Besonderen Wert kann man auf die vorher abgeleiteten Ergebnisse durch die Messungen legen, die in Fig. 7, Tab. 2, zusammengestellt sind. Es sind dies mittägliche Zenithspektren von sieben, über ¼ Jahr zwischen $h_\odot = 15°$ und $h_\odot = 38°$ verteilten Tagen auf gleicher Platte, die somit unter sich ganz exakte Vergleiche gestatten. Da sie sich den übrigen Messungen vollkommen einordnen (Tab. 2), z. T. aber auch mit den auf anderen Platten gleichzeitig aufgenommenen Spektren ganz identisch sind, geben sie diesen praktisch gleichen Geltungswert und lassen dadurch den Vergleich der weiteren Meßreihen untereinander in aller Strenge zu. Die graphische Darstellung in Fig. 7 läßt deutlich erkennen, wie die schon angeführten Werte des 25. Febr. 1937 als Folge des Vorbeiziehens von Cirren und Fractocumuli herausfallen. Es ist aber auch zu sehen, daß die Intensitätssteigerung am

größten in dem Bereich der längeren Wellen im U.-V. ist, während sie gegen das U.-V.-Ende hier mehr und mehr abnimmt. Im äußersten U.-V. des Bereiches verschwindet der intensitätssteigernde Einfluß fast ganz. Es erscheint demgemäß für diese Wellenbereiche nahezu allein die Sonnenhöhe als intensitätsvariierender Faktor ausschlaggebend. Das so gefundene wichtige Moment der verschiedenen qualitativen Beeinflussung in unserem untersuchten Spektralbereich der Himmelsstrahlung wurde ebenfalls schon im U.-V. der Sonnenstrahlung festgestellt. O. Hoelper, Götz und auch C. Dorno zeigen mit ihren Untersuchungsergebnissen im U.-V. der Sonnenstrahlung eine von der atmosphärischen Trübung abhängige stärkere Einwirkung auf den langwelligen U.-V.-Bereich als auf den kurzwelligen. Wichtig ist, daß der analoge Vorgang auch beim Himmelslicht eintritt.

b) Messungen über weitere 6 Himmelsstellen im Sonnenvertikal.

Im weiteren Verlauf der Arbeit erstreckte sich die Untersuchung auf den spektralen Gang der diffusen U.-V.-Himmelsstrahlung im Sonnenvertikal über die eingangs angeführten 7 bzw. 6 charakteristischen Himmelsstellen. Nach der Diskussion der Zenithstrahlung soll zunächst die vom Dunkelpunkt, d. h. einem Punkt in 90° Sonnenabstand, herkommende Strahlung

Tabelle 5.

Spektraler Gang der diffusen ultravioletten Himmelsstrahlung im Sonnenvertikal (klarer Herbsttag, 11. 9. 1936)

(Sonnenvertikal wolkenlos und ohne Dunst — klare Blaufärbung).

$h_\odot$	Neigung des Spektrographen vom Südpunkt aus	Sonnendistanz $= \Delta$	J_λ für 3947 ÅE	J_λ für 3733 ÅE	J_λ für 3567 ÅE	J_λ für 3428 ÅE	J_λ für 3310 ÅE	J_λ für 3226 ÅE
36,5°	Südpunkt	— 36,5°	1,17	1,37	1,30	1,28	1,16	1,11
24,8°	Südpunkt	— 24,8°	1,22	1,42	1,35	1,32	1,25	1,14
20,0°	Südpunkt	— 20,0°	1,23	1,44	1,37	1,34	1,27	1,13
35,8°	45,8°	+ 10,0°	1,77	1,82	1,61	1,54	1,36	1,24
24,0°	34,0°	+ 10,0°	1,67	1,76	1,59	1,52	1,30	1,22
19,5°	29,5°	+ 10,0°	1,64	1,73	1,56	1,50	1,40	1,20
35,4°	25,4°	— 10,0°	1,40	1,51	1,49	1,47	1,30	1,22
23,9°	13,9°	— 10,0°	1,29	1,47	1,46	1,46	1,28	1,19
19,0°	9,0°	— 10,0°	1,28	1,45	1,42	1,42	1,27	1,17
35,0°	Zenith	+ 55,0°	1,03	1,12	1,17	1,19	1,14	1,09
23,0°	Zenith	+ 67,0°	1,00	1,09	1,10	1,14	1,11	1,07
18,5°	Zenith	+ 71,5°	0,95	1,04	1,05	1,09	1,06	1,02
34,8°	124,8°	+ 90,0°	1,02	1,11	1,15	1,17	1,13	1,08
22,9°	112,9°	+ 90,0°	0,99	1,08	1,08	1,11	1,10	1,06
18,0°	108,0°	+ 90,0°	0,95	1,04	1,04	1,09	1,05	1,02
34,0°	160,0°	+ 126,0°	1,14	1,29	1,28	1,29	1,19	1,13
—	160,0°	—	—	—	—	—	—	—
33,9°	Nordpunkt	+ 140,1°	1,05	1,14	1,14	1,16	1,09	1,07
21,5°	Nordpunkt	+ 158,5°	0,95	1,03	1,04	1,05	1,02	1,02
17,0°	Nordpunkt	+ 163,0°	0,90	0,98	0,99	1,00	0,97	0,97

Tabelle 6. Spektraler Gang der diffusen ultravioletten Himmelsstrahlung im Sonnenvertikal [dunstiger Herbsttag, 13. 9. 36].

Figur	Kurve	$h_\odot$	Neigung des Spektrographen vom Südpunkt aus	Sonnendistanz Δ	J_λ für λ 3947 ÅE	J_λ für λ 3733 ÅE	J_λ für λ 3567 ÅE	J_λ für λ 3428 ÅE	J_λ für λ 3310 ÅE	J_λ für λ 3226 ÅE	Atmosphärische Verhältnisse
9	I	41,0°	Südpunkt	— 41,0°	1,18	1,37	1,31	1,30	1,27	1,16	V wolkenlos; tiefe Blaufärbung. Sb wenig Dunst. Nb klarer als Sb. ⊙ strahlt nicht ganz klar
		40,0°	„	— 40,0°	1,32	1,58	1,46	1,47	1,40	1,22	V wolkenlos, nur im Sb des V liegen Wolkenstreifen
		34,0°	„	— 34,0°	1,37	1,62	1,50	1,46	1,36	1,19	V wolkenlos, nur im Sb noch kleine Wolkenstreifen. Dunst nur gering
		21,0°	„	— 21,0°	1,25	1,43	1,31	1,29	1,22	1,10	V wolkenlos und klar. Im Sb kleine Wolkenzüge
9	II	41,0°	31,0°	— 10°	1,36	1,73	1,65	1,67	1,59	1,37	V wolkenlos; tiefe Blaufärbung. Im Sb etwas Dunst. ⊙ strahlt nicht ganz klar
		40,0°	30,0°	— 10°	1,43	1,81	1,74	1,76	1,68	1,43	Im Sb stärkerer Dunst und Wolkenstreifen, sonst V wolkenlos
		34,0°	24,0°	— 10°	1,55	1,99	1,85	1,79	1,64	1,36	Stärkere Dunstschichten. Im Sb Wolkenstreifen, sonst V wolkenfrei
		20,0°	10,0°	— 10°	1,47	1,77	1,55	1,50	1,38	1,17	V ziemlich wolkenlos, noch kleine Wolkenstreifen im Sb
9	III	40,8°	50,8°	+ 10°	2,04	2,08	1,79	1,70	1,59	1,36	V wolkenlos; oberhalb der ⊙ beträchtlich klarer und tiefe Blaufärbg.
		39,5°	49,5°	+ 10°	2,28	2,29	1,99	1,89	1,73	1,47	V zwar wolkenlos, stärkere Dunstbildung, ⊙ strahlt nicht ganz durch
		33,5°	43,5°	+ 10°	2,36	2,38	1,99	1,85	1,67	1,38	⊙ nicht ganz frei von Dunst; Dunst geringer, V sonst wolkenlos
		19,5°	29,5°	+ 10°	1,70	1,81	1,55	1,50	1,40	1,18	V fast ganz wolkenlos, nur noch geringer Dunst
9	IV	40,5°	Zenith	+ 49,5°	1,05	1,16	1,19	1,25	1,24	1,16	Z klar-blau
		39,0°	„	+ 51,0°	1,08	1,22	1,24	1,31	1,30	1,18	Z ziemlich klar-blau [Nb klarer als Sb]
		33,0°	„	+ 57,0°	1,07	1,21	1,23	1,28	1,25	1,14	Z wenig Dunst, klar-blau
		19,0°	„	+ 71,0°	1,00	1,12	1,14	1,14	1,14	1,07	Himmelszenith fast klar; tiefe Blaufärbung, ganz geringe Dunsttrübg.
9	V	40,5°	Dunkelpunkt	+ 90°	1,03	1,14	1,18	1,23	1,22	1,14	V wolkenlos; tiefe Blaufärbung; etwas Dunst im Sb
		39,0°	„	+ 90°	1,05	1,19	1,23	1,30	1,29	1,18	V wolkenlos; tiefe Blaufärbung; Sb zeigt Dunst; Nb klarer
		32,8°	„	+ 90°	1,04	1,19	1,21	1,25	1,23	1,12	V wolkenlos; tiefe Blaufärbung; Sb zeigt Dunst; Nb klarer
		18,5°	„	+ 90°	0,99	1,10	1,12	1,14	1,12	1,07	V wolkenlos; tiefe Blaufärbung; Dunst weniger
9	VI	40,4°	160°	+ 119,6°	1,10	1,30	1,31	1,37	1,32	1,20	Tiefhelle Blaufärbung; V wolkenlos
		38,9°	160°	+ 121,1°	1,14	1,38	1,41	1,46	1,42	1,25	Im Nb kleine Cu, sonst V wolkenlos; sonst hellblaue Himmelsstelle
		32,0°	160°	+ 128,0°	1,16	1,38	1,38	1,40	1,35	1,17	Im Nb vereinzelt kleine Cu; Dunst wird weniger; hellblau sonst
		18,0°	160°	+ 142,0°	1,11	1,24	1,22	1,22	1,20	1,09	Hell-klarblau! Fast dunstlos
9	VII	40,0°	Nordpunkt	+ 140°	1,10	1,27	1,28	1,30	1,23	1,14	Wolkenstreifen — Kaminrauchschwaden
		38,5°	„	+ 141,5°	0,90	1,07	1,10	1,12	1,11	1,07	Nb klarer als Sb. Im Nordhorizont Bildung von kleinen Cu-Ballen
		31,5°	„	+ 148,5°	1,12	1,25	1,24	1,25	1,21	1,11	Nordhorizont ac-Bänke
		17,0°	„	+ 153,0°	—	—	—	—	—	—	

V = Sonnenvertikal. — Sb = Südbogen. — Nb = Nordbogen.

betrachtet werden. Während bei der festen Lage des Zenithpunktes die von der Strahlung durchsetzte Luftstrecke Zenith—Beobachtungsort stets dieselbe bleibt, die gemessenen Intensitäten also nur von der Sonnenhöhe abhängen, erleidet der Weg einer vom Dunkelpunkt kommenden Strahlung zum Beobachtungsort mit wechselndem Sonnenstand eine dementsprechende Veränderung. Es variieren also auch bei gleichbleibender Sonnendistanz mit der Sonnenhöhe die spektralen Intensitätswerte desselben. Doch ist auch für die Dunkelpunktstrahlung mit sinkender Sonne die von den Strahlen durchlaufene Atmosphärenschicht größer als bei hochstehender Sonne, so daß auch demgemäß eine höhere Schwächung eintritt. Ein Zahlenbeispiel in Tab. 5 gibt diese Erscheinung ohne jegliche Abweichung für diese Himmelsstelle wieder. Letztere Beobachtung ist typisch für das vollkommen wolkenlose Sonnenvertikal an einem klaren Schönwettertag (11. Sept. 1936).

Bei annähernd optisch klarer wolkenloser Atmosphäre bewerkstelligen die Gasmoleküle an und für sich die Strahlungsschwächung. In diesem Falle erhalten wir für die spektralen Intensitätswerte des Dunkelpunktes im Tagesgang nahezu denselben Verlauf wie bei der Zenithstrahlung unter gleichen atmosphärischen Verhältnissen, d. h. also mit sinkender Sonne nehmen die Werte im U.-V.-Spektrum kontinuierlich ab. Dagegen wird bei einer durch Kondensationsvorgänge gestörten Atmosphäre der Intensitätsabfall der diffusen U.-V.-Dunkelpunktstrahlung mit sinkender Sonne infolge einer erhöhten Zerstreuung durch mehr oder weniger einsetzende Eintrübungen erheblich verändert (s. Tab. 6 u. 7). Obiger Effekt bremst nicht nur den täglichen Gang der spektralen Dunkelpunktswerte in ihrem normalen Verlauf ab sondern wirkt sogar oft überkompensierend je nach dem Zerstreuungsgrad, so daß für die betreffende Sonnenhöhe die spektralen Werte im Vergleich zu denen bei höherem Sonnenstand zu groß erscheinen können. Bei sehr niedrigen Sonnenständen rückt der Dunkelpunkt immer mehr zum Zenithpunkt, so daß die gemessenen spektralen U.-V.-Intensitäten mit fast unerheblichen Differenzen denjenigen der Zenithstrahlung gleichkommen (s. Tab. 6 u. 7 und vgl. diesen gegenüber die betr. Werte in Tab. 5).

Der nächst zu betrachtende Punkt ist die Himmelsstelle 160° im Nordbogen des Vertikals vom Südpunkt aus gerechnet. Dieser Ort ist genau wie der Zenith in seiner Lage konstant gehalten. Daher gelangen bei der Betrachtung die gleichen Überlegungen wie bei diesem zur Geltung. Ebenso unterliegt auch hier das sonst als normal betrachtete Absinken der spektralen Werte im Tagesgang mit sinkender Sonne Einwirkungen, die in dem wechselnden Grad der atmosphärischen Beschaffenheit ihre Ursache haben (Kondensationsvorgänge). Dunstschichten, Wolken (ci, cs, fc) — besonders in Nähe des 160°-Punktes — wirken fördernd auf die Zerstreuung infolge stärkerer diffuser Reflexion und lösen damit eine Intensitätssteigerung aus. Der letzte im Nordbogen gemessene Nordpunkt läßt als Fixpunkt den gleichen spektralen Intensitätsgang wie bei 160° erkennen.

Gegenüber dem Nordpunkt zeigt die Betrachtung der spektralen U.-V.-Strahlung vom Südpunkt ein anderes Verhalten. Im Südbogen des Vertikals ist er gegenüber dem Nordpunkt durch die größere Sonnennähe begünstigt und erzielt bei niedrigen Sonnenständen im allgemeinen eine intensivere

Tabelle 7. Spektraler Gang der diffusen ultravioletten Himmels-

$b_\odot$	Neigung des Spektrographen vom Südpunkt aus	Sonnendistanz Δ	J_λ für ~ 3947 ÅE	J_λ für ~ 3733 ÅE	J_λ für ~ 3567 ÅE	J_λ für ~ 3428 ÅE	J_λ für ~ 3310 ÅE	J_λ für ~ 3226 ÅE
40,0°	Südpunkt	— 40,0°	1,59	2,10	1,82	1,82	1,68	1,36
33,0°	„	— 33,0°	1,49	1,85	1,70	1,62	1,49	1,24
29,0°	„	— 29,0°	1,43	1,84	1,68	1,59	1,45	1,22
21,0°	„	— 21,0°	1,40	1,87	1,61	1,50	1,37	1,14
14,0°	„	— 14,0°	1,07	1,16	1,10	1,09	1,07	1,01
39,4°	29,4°	— 10,0°	1,89	2,55	2,18	2,25	2,08	1,67
32,0°	22,0°	— 10,0°	1,79	2,36	2,12	1,99	1,77	1,42
28,5°	18,5°	— 10,0°	1,85	2,53	2,20	2,10	1,89	1,46
20,5°	10,5°	— 10,0°	1,74	2,44	2,14	1,89	1,64	1,27
13,5°	3,5°	— 10,0°	1,42	1,51	1,42	1,42	1,19	1,03
39,0°	49,0°	+ 10,0°	3,14	3,34	2,65	2,38	2,08	1,62
31,8°	41,8°	+ 10,0°	2,60	2,80	2,18	1,99	1,77	1,46
28,0°	38,0°	+ 10,0°	2,87	3,05	2,46	2,20	1,94	1,55
20,0°	30,0°	+ 10,0°	2,84	3,00	2,32	2,04	1,77	1,35
13,0°	23,0°	+ 10,0°	1,99	2,25	1,84	1,64	1,46	1,14
38,5°	Zenith	+ 51,5°	1,12	1,41	1,43	1,51	1,46	1,29
31,0°	„	+ 59,0°	1,04	1,25	1,29	1,32	1,30	1,16
27,8°	„	+ 62,2°	1,05	1,29	1,35	1,37	1,36	1,20
19,5°	„	+ 70,5°	1,07	1,30	1,29	1,31	1,29	1,10
13,0°	„	+ 77,0°	1,02	1,12	1,12	1,16	1,14	1,02
38,0°	Dunkelpunkt	+ 90,0°	1,11	1,35	1,40	1,46	1,43	1,21
30,9°	„	+ 90,0°	1,05	1,23	1,27	1,30	1,29	1,14
27,0°	„	+ 90,0°	1,07	1,27	1,30	1,36	1,35	1,17
19,0°	„	+ 90,0°	1,07	1,29	1,27	1,31	1,29	1,11
12,0°	„	+ 90,0°	1,02	1,11	1,11	1,16	1,14	1,01
37,5°	160,0°	+ 122,5°	1,30	1,70	1,65	1,71	1,61	1,32
30,0°	160,0°	+ 130,0°	1,20	1,54	1,51	1,53	1,45	1,24
26,5°	160,0°	+ 133,5°	1,23	1,62	1,62	1,61	1,51	1,25
18,5°	160,0°	+ 141,5°	1,29	1,71	1,62	1,59	1,47	1,19
11,9°	160,0°	+ 148,1°	1,02	1,37	1,30	1,30	1,23	1,05
37,0°	Nordpunkt	+ 143,0°	1,23	1,50	1,45	1,45	1,38	1,18
30,0°	„	+ 150,0°	1,17	1,38	1,36	1,36	1,29	1,16
26,0°	„	+ 154,0°	1,20	1,49	1,43	1,42	1,35	1,16
18,0°	„	+ 162,0°	1,20	1,46	1,35	1,32	1,25	1,08
11,0°	„	+ 169,0°	—	—	—	—	—	—

strahlung im Sonnenvertikal (ziemlich klarer Frühlingstag, 2. 5. 1937).

Atmosphärische Verhältnisse (Sicht sehr gut ~ 50 km)

Sh klar. Südbogen fast klar. V wolkenlos. ⊙ strahlt fast klar durch
Sh frei und fast hellklar. In großen Höhen leichte Ci-Bildung
Ci-Bildung wird stärker. ⊙ strahlt weniger durch. Im Nordbogen Ci-Züge
Stärkere Ci-Bildung in großen Höhen im Südbogen wie auch im Nordbogen
Verstärkte Ci-Bildung im Süd- und Nordbogen. ⊙ strahlt nicht durch

Südbogen fast klar und wolkenlos. ⊙ strahlt ziemlich durch
In großen Höhen ganz leichte Ci-Bildung, die mit Beobachtungsbrille erst gut zu beobachten sind.
Sonst ist Südbogen in unteren Schichten wolkenlos
⊙ strahlt nicht durch. In großen Höhen über den Nordbogen und über den Südbogen ziehen Ci-Züge
Im Südbogen wie auch im Nordbogen Ci-Züge, die an Stärke zunehmen
Starke Ci-Bildung über das ganze Vertikal hin, allerdings in großen Höhen

Südbogen klar und wolkenlos. Tiefe Blaufärbung
In großen Höhen Ci-Schichten, im Südbogen wie auch im Nordbogen
Verstärkte Ci-Bildung macht sich bemerkbar, allerdings in großen Höhen
Stärkere Ci-Bildung sowohl im Südbogen als auch im Nordbogen
Vom Sp bis Np des Vertikals große Ci-Züge (Ci-Streifen). ⊙ strahlt nicht durch

Z ziemlich klar-blau. Ci-Zug in weiter Umgebung vom Zenith
Z ziemlich klar-blau. Im Nordbogen einige Ci-Züge in großen Höhen
Z zeigt Ci-Züge vom Nordbogen kommend, ⊙ strahlt weniger stark durch
Z stärker mit Ci-Zügen beobachtbar. Ci sowohl im Südbogen als auch im Nordbogen
Z von Ci in großen Höhen durchzogen. ⊙ strahlt nicht durch (geringer als vorher)

⊙ strahlt ziemlich durch. Im Nordbogen vereinzelt Ci-Züge
Ci-Bildung. ⊙ strahlt nicht durch
⊙ strahlt weniger durch. Ci-Bildung in großen Höhen
Sowohl im Südbogen als auch im Nordbogen stärkere Ci-Bildung in großen Höhen
Sowohl im Südbogen als auch im Nordbogen stärkere Ci-Bildung in großen Höhen

Ci-Züge ziehen vorbei im Nordbogen des Vertikals
Im Nordbogen machen sich in großen Höhen Ci bemerkbar
Stärkere Ci-Bildung. ⊙ strahlt weniger durch
Stärker werdende Ci-Bildung im Nordbogen wie im Südbogen
Stärker werdende Ci-Bildung im Nordbogen wie im Südbogen

Np ziemlich klar
Ci-Bildung in großen Höhen, stärker im Nordbogen beobachtbar
Ci (Cs) stark im Nordbogen des Vertikals
⊙ strahlt nicht durch. In großen Höhen Ci-Züge

diffuse Strahlung, wogegen der Nordpunkt dann seine geringsten spektralen U.-V.-Werte aufweist. Das Zahlenbeispiel in Tab. 5 gibt die U.-V.-Werte für den Südpunkt bei einem vollkommen klaren Atmosphärenzustand wieder. Die intensitätssteigernde Tendenz mit sinkender Sonne, d. h. mit abnehmender Sonnendistanz, ist zu erkennen, obschon bei niedriger Sonnenhöhe zwei Effekte ungleichsinnig wirken, nämlich die geringere Sonnendistanz einerseits und die größere, von den diffusen Strahlen zu durchlaufende Atmosphärenstrecke andererseits. Bei ungefähr optisch klarem Südhorizont scheint die durch den Einfluß größerer Sonnennähe hervorgerufene stärkere Diffusion im U.-V.-Spektrum den durch die mächtigere Atmosphärenschicht sich ergebenden Schwächungseffekt zu überwiegen. Demgegenüber zeigt sich an nicht ganz klaren Tagen, besonders markant in Tab. 7, eine Umkehrung des täglichen spektralen U.-V.-Ganges im Südpunkt. Hier nehmen die Werte trotz abnehmender Sonnendistanz ab. Die Erklärung für diese Beobachtung darf in der an diesem Tage (2. Mai 1937) über den Südbogen des Vertikals in großen Höhen sich erstreckende Cirrenbildung zu suchen sein.

Neben dem Dunkelpunkt mit festem Sonnenabstand im Nordbogen wurden im Südbogen noch zwei Himmelsstellen mit ebenfalls durch alle Messungen konstant gehaltenen Sonnendistanzen von $\Delta = \pm 10^0$ in die Untersuchungen aufgenommen. Der tägliche U.-V.-Verlauf dieser Himmelsorte deckt sich mit dem der Dunkelpunktstrahlung insofern, als auch hier im allgemeinen die Werte mit steigender Sonne anwachsen, mit sinkender Sonne abnehmen. Jedoch ist dieser ungestörte, gleichsam normale tägliche spektrale Intensitätsverlauf im U.-V. nur an fast optisch klaren und wolkenlosen Tagen beobachtet worden (s. Tab. 5). Die in Tab. 6 und 7 gefundenen Abweichungen von diesem normalen spektralen Gang, sowohl bei $\Delta = + 10^0$ als auch bei $\Delta = - 10^0$, finden wieder ihre Begründung in den äußeren Verhältnissen der Atmosphäre durch die Anwesenheit von verschiedenen Kondensationsformen, die erhöhte Zerstreuung hervorrufen. Übrigens ist die atmosphärische Schichtdicke bei $\Delta = + 10^0$ geringer als bei $\Delta = - 10^0$, so daß der daraus resultierende kleinere Schwächungsgrad sich in einer Erhöhung der spektralen Werte auswirken muß. Die Tabellen lassen dies an allen Meßtagen erkennen.

Die bisher geschilderten atmosphärischen Einflüsse auf den täglichen spektralen U.-V.-Gang im Sonnenvertikal erfahren noch eine Erweiterung durch die Berücksichtigung des jahreszeitlichen Einflusses auf den qualitativen Verlauf im U.-V. Die Herbstwerte stehen denen vom Frühjahr weit nach. Das Zahlenbeispiel in Tab. 7 weist — abgesehen von den durch besondere atmosphärische Umstände verursachten Unterschieden gegenüber dem Normalverlauf eines klaren Tages — beträchtlich größere Werte auf als die Werte in Tab. 5 bzw. 6 im September. Diese durch alle Messungen festgestellte Beobachtung im U.-V.-Spektrum des diffusen Himmelslichtes zeigt, wie stark die qualitativen Werte noch Schwankungen unterliegen, die — neben den oben angeführten Ursachen — in der jahreszeitlich bedingten Variation des atmosphärischen Zustandes ihre Erklärung finden. Vergleicht man im Herbst und im Frühjahr bei ungefähr gleichen Sonnenhöhen die entsprechenden U.-V.-Werte, so fallen die enormen Unterschiede auf. In

den Werten von Januar und Februar ist der Übergang zu höheren Intensitäten bereits zu erkennen. Dieser jahreszeitliche Einfluß auf das spektral-diffuse U.-V.-Himmelslicht kann im Falle einer Erhöhung der Werte nur in einem größeren optischen Trübungsgrad zu suchen sein. Die erhöhten spektralen Maiwerte gegenüber den niedrigeren Septemberwerten auch nicht klarer Tage bei ungefähr gleicher Sonnenhöhe müssen mit einer jahreszeitlich verknüpften lebhafteren Konvektion bzw. durch sonstige Turbulenzvorgänge erzeugten atmosphärischen Unruhe erklärt werden. Beim Übergang vom Winter zum Frühjahr sind gleichsam die optischen Stabilitätsverhältnisse in der Atmosphäre geringer als in den Herbstmonaten. Diese jahreszeitliche Erhöhung der kurzwelligen Himmelsstrahlung durch die stärker gestörte Atmosphäre im Frühjahr geht natürlich auf Kosten der in die Atmosphäre einfallenden Sonnenstrahlen. Insofern bestätigen die obigen Daten aufs beste den aus den Messungen der direkten Sonnenstrahlung bekannten jährlichen Gang der atmosphärischen Durchlässigkeit mit einem Minimum im Mai gegenüber hohen Herbstwerten, der insbesondere für das hier in Betracht kommende violette und ultraviolette Gebiet von O. H o e l p e r an Photozellenmessungen sowie spektrographisch nachgewiesen wurde.

Die voraufgegangenen Darstellungen gaben einen Überblick über den normalen sowie auch über den gestörten täglichen und jahreszeitlichen spektralen U.-V.-Intensitätsverlauf in den einzelnen Punkten des Sonnenvertikals. Die Zahlenbeispiele in Tab. 5, 6, 7 dienten zur Unterstützung des Ausgeführten. Daneben läßt die graphische Darstellung der Vertikalaufnahmen beim Vergleich untereinander, d. h. in bezug auf die den sieben Himmelspunkten gleichzeitig entsprechenden Spektralwerte, einen typischen Gesamtverlauf erkennen. Aus diesem sollen einige Momente hervorgehoben werden. Verfolgt man z. B. an einer Vertikalaufnahme in Fig. 9 die spektralen Intensitäten in den drei Kurvenzügen des Südbogens und jene des Nordbogens, so erkennt man Unterschiede nicht nur den Zahlwerten nach sondern auch nach der Art des Kurvenganges. Der Südbogen läßt gegenüber dem Nordbogen innerhalb der untersuchten Wellenlängenbereiche weit höhere spektrale Intensitäten beobachten. Vom Südpunkt im Südhorizont wachsen kontinuierlich die Werte bei II und III. Bei diesen fällt die Angleichung im Kurvenverlauf hinter dem Spektralbereich ungefähr um 3567 ÅE auf. Sämtliche Vertikalaufnahmen lassen auch bei wechselndem Himmelszustand diese verschiedenartige Beeinflussung des langwelligen U.-V. zum kurzwelligen U.-V. zutagetreten. Gelegentliche Abweichungen in dem Konvergenzverlauf beider Kurven sind auf die Anwesenheit leichter Wolkenzüge sowie schwacher Kondensationsprodukte zurückzuführen, wodurch eine Modifikation des Spektrums erfolgt. Daß die spektralen Intensitäten bei der Kurve II ($\Delta = -10^0$) weit geringer sind als diejenigen bei Kurve III ($\Delta = +10^0$) erklärt sich, wie oben bereits ausgeführt, durch die im allgemeinen mit stärkerer Atmosphärenschicht einsetzende größere Schwächung der Strahlen. Mit kleinerer Wellenlänge fallen aber offenbar diese Differenzen nicht mehr so schwer ins Gewicht gegenüber der durch die gleiche Sonnendistanz bestimmten Intensitätshöhe der gemessenen Punkte. Es ist sehr wohl möglich, daß in diesem verschiedenen Verhalten des kurz- und lang-

welligen U.-V. eine Abweichung der allgemeinen Extinktionsgesetze zum Ausdruck kommt. Es ist bekannt, daß die Gültigkeit des R a y l e i g h schen Gesetzes beschränkt ist auf Teilchen, die klein sind gegen die Wellenlänge des einfallenden Lichtes. In unserem Falle können die einzelnen Partikel im Vergleich zu den auf sie treffenden Wellenlängen im langwelligen U.-V. nur als klein aufzufassen sein, so daß das obige erwähnte Gesetz noch seine Bedeutung hat. Jedoch im kurzwelligen U.-V. verliert dieses seine Gültigkeit. Die Extinktionsvorgänge werden hier komplizierteren Gesetzen gehorchen.

Mit Kurvenzug IV (Zenithstrahlung) wenden wir uns den Beobachtungen im Nordbogen zu, dessen optisch-atmosphärische Zustandsverhältnisse durchweg gleichmäßiger ausgeprägt sind als diejenigen im Südbogen infolge der dauernden Sonnennähe. Die graphische Darstellung der spektralen Intensitäten aller untersuchten Wellenlängenbereiche über die gemessenen Himmelspunkte im Nordbogen läßt im Vergleich zum Südbogen aber nun anschaulicher als die Tabellenwerte die starken Unterschiede des qualitativen Verlaufs erkennen. Die Gründe hierfür wurden an Hand der Tabellen dargelegt. Mit dem Zenith setzt ein starker Intensitätsabfall ein und nimmt für alle Wellenlängenbereiche gleichmäßig bis zur Dunkelpunktkurve (V) zu. In weiterer Verfolgung des herangezogenen Beispiels (Fig. 9) tritt hinter dem

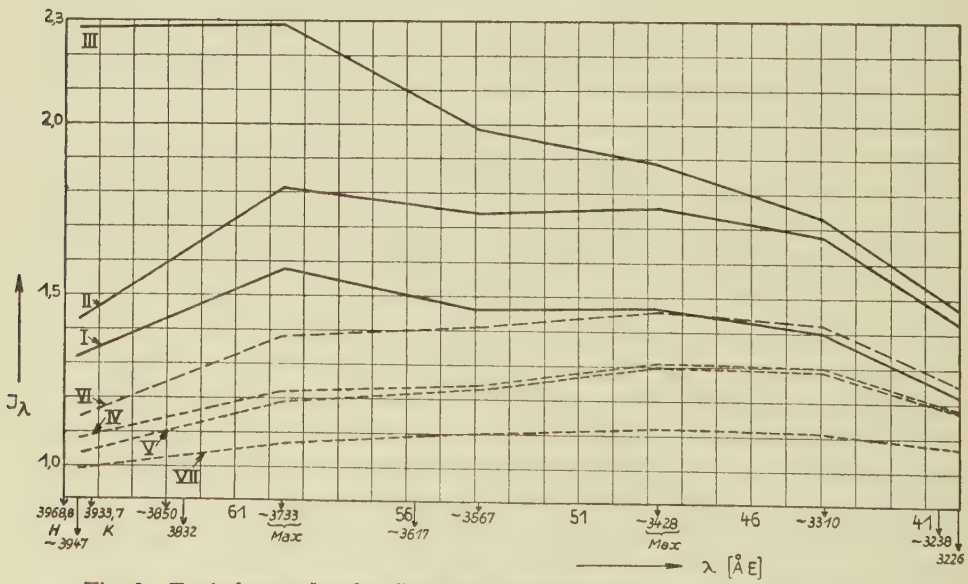

Fig. 9. Typischer spektraler Gang der Himmelsstrahlung im Sonnenvertikal.

Dunkelpunkt beim Fixpunkt 160° ein Wiederanstieg der spektralen U.-V.-Werte auf. Dementsprechend liegt die Kurve VI über IV und V, während zuletzt die Nordpunktkurve VII weit unter IV und V herabsinkt. Für sämtliche Vertikalaufnahmen ist dieser Kurvengang im Nordbogen festzustellen.

In der Gegenüberstellung einzelner Wellenlängen soll dieser Gang der Intensitäten im Sonnenvertikal noch näher betrachtet werden. Wir ver-

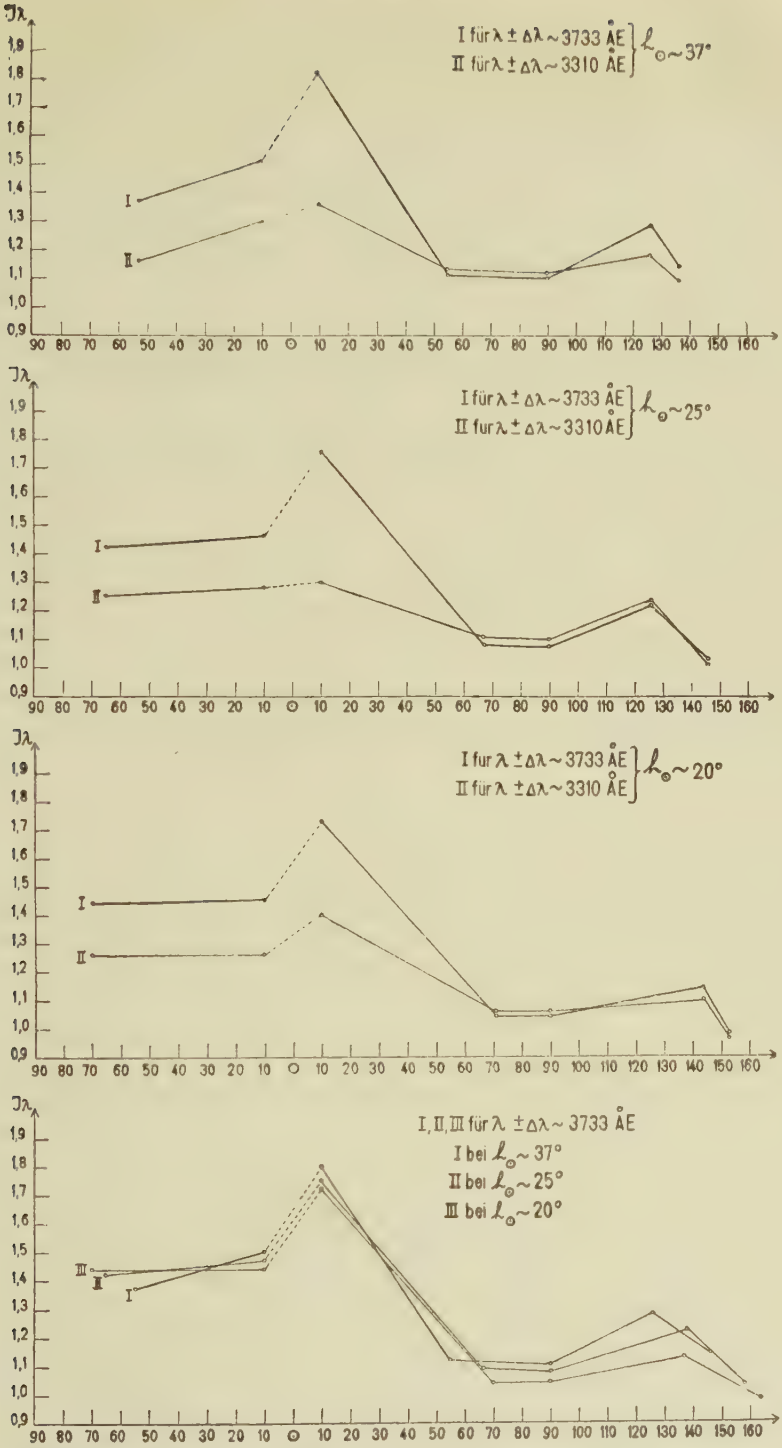

Fig. 10. Spektraler Gang von relativen Intensitätswerten in Abhängigkeit von Sonnendistanz.

folgen die spektralen Intensitäten der gemessenen Himmelspunkte als Funktion des Sonnenabstandes am Beispiel des oben behandelten wolkenlosen Tages, des 8. Sept. 1936. Die Darstellung der Fig. 10 zeigt den Unterschied der Amplitude zwischen den längeren und kürzeren Wellenlängen im U.-V. Der Himmel strahlt um so gleichmäßiger, je kürzer die Wellenlänge ist. Ferner ist der Gang der gleichen Wellenlänge in Abhängigkeit von der wechselnden Sonnenhöhe wiedergegeben. Die Differenz bei den verschiedenen Himmelspunkten nehmen mit steigender Sonnenhöhe ab. Die Darstellungen ergeben das gleiche Bild, das O. Hoelper (5) in seinen Untersuchungen der Photozelle gefunden hat. Er hat Messungen der Kaliumzelle mit einem Schwerpunkt bei 4500 ÅE der Cadmiumzelle mit einem optischen Schwerpunkt bei 3200 ÅE gegenübergestellt. Unsere spektrographischen Messungen liegen in dem Bereich zwischen jenen Zellenmessungen von O. Hoelper. Die Übereinstimmung der durch ganz vers hiedene Methoden erhaltenen Messungen ist ein wesentlicher Beweis für die Qualität der erhaltenen Messungsergebnisse.

Die graphische Veranschaulichung der gemessenen Intensitäten legt es nahe, diese Betrachtungen über den spektralen Gesamtverlauf noch etwas weiterzuführen. Im Vergleich zu dem Kurvenverlauf in dem Nordbogen zeigen die Kurven I, II, III im Südbogen ein relatives spektrales Intensitätsmaximum bei ungefähr 3733 ÅE, während die Kurvenwerte IV, V, VI im Nordteil des Vertikals mehr oder weniger eine spektrale Verschiebung zum kurzwelligen U.-V. hin aufweisen. Am auffallendsten prägen sich diese Erscheinungen bei der Zenithkurve und Dunkelpunktkurve aus, wogegen VI und VII nur eine schwache Tendenz für diese spektralen Verlagerungen andeuten (s. Fig. 9, vgl. auch Fig. 2).

Die Verlegung des relativen spektralen Maximums zum kurzwelligen U.-V. bei IV und V geht parallel mit der aus dem sichtbaren Spektrum bekannten Tatsache (H. Wilds Beobachtungen, Arbeiten von Dorno u. Hoelper), daß im Dunkelpunkt bei einem Sonnenabstand von etwa 90^0 mit der kleinsten Himmelshelligkeit der diffusen sichtbaren Himmelsstrahlung die maximale, d. h. tiefste Blaufärbung verbunden ist. Auch liegt hier der Ort des maximalen Polarisationsgrades. Wie die tiefe Blaufärbung des Himmels im Dunkelpunkt das Ergebnis einer durch die Extinktion hervorgerufenen Anreicherung der reflektierten und abgebeugten Strahlung mit kurzwelligem Licht ist, so kommt es schon in dem von uns betrachteten engbegrenzten U.-V.-Spektralbereich zu einer Bevorzugung der relativ kürzeren Wellenlängen. Zum Dunkelpunkt hin wird der Anteil der kurzen Wellenlängen im gesamten U.-V. erhöht. Zum Nordpunkt hin, also über 90^0 Sonnenabstand hinaus, setzt dann wieder die rückläufige Bewegung ein, wie am Verlauf der 160^0- und der Nordpunktkurve zu erkennen ist.

Um ein qualitatives Maß für diese spektrale Verschiebung zu erhalten, wurde das Verhältnis der Energiesumme zweier Spektralbereiche näher betrachtet und als Charakteristikum des spektralen U.-V.-Ganges (= f) bei den Vertikalaufnahmen die Gesamtfläche unter jeder der sieben Kurven mit der Fläche von ungefähr 3947 ÅE bis ungefähr 3567 ÅE verglichen. Da zunächst erst eine Orientierung über die Richtung dieser spektralen Ver-

änderung, nicht der Gewinn von Absolutwerten beabsichtigt war, konnten etwaige Korrekturen aus dem Endbereich des Spektrums unberücksichtigt bleiben. Es ergab sich, daß der Wert für „f" am größten im Zenith bzw. im Dunkelpunkt ist. Vom Dunkelpunkt an nimmt „f" nach beiden Seiten zum Nord- wie auch zum Südbogen ab. Die niedrigsten Werte liegen in Sonnennähe (Tab. 8a). Daß die Sonnenhöhe die relative Energieverteilung nicht sehr beeinflußt, zeigt außer dieser Tabelle auch noch die Gegenüberstellung der f-Zenithwerte an anderen Tagen (Tab. 8b).

Tabelle 8.

Spektrale U.-V.-Charakteristik für verschiedene Himmelspunkte (a) und für wechselnde Tage (b).

a) Sonnenhöhe	40° f	34° f	31° f	21° f	b) Tag	Sonnenhöhe (°)	f
Südpunkt	2,12	2,08	2,05	2,08	17. 12. 36	15	2,22
					28. 12. 36	15	2,22
$\Delta = -10°$	2,17	2,08	2,05	2,02	9. 1. 37	15	2,22
$\Delta = +10°$	1,95	1,93	1,92	1,97	24. 1. 37	15	2,22
Z.	2,26	2,24	2,23	2,16	24. 1. 37	18	2,22
Dp.	2,23	2,24	2,22	2,23	24. 1. 37	18	2,20
					25. 2. 37	28,5	2,19
160°	2,20	2,10	2,11	2,17	25. 2. 37	28	2,21
Np.	2,19	2,17	2,11	2,11	24. 3. 37	38	2,23
					24. 3. 37	37	2,27
					7. 4. 37	43	2,20

ZUSAMMENFASSUNG.

Es wird eine Methode beschrieben, die mit einem Spektrographen zerlegte ultraviolette Strahlung des Himmels zu messen, sowie die Größe und Verteilung der ultravioletten Himmelshelligkeit spektrophotometrisch zu untersuchen.

Die Schwärzung der erhaltenen Spektrogramme wird mit einem Zeißschen Spektrallinienphotometer ausgemessen. Die Eindeutigkeit der Beziehung zwischen Plattenschwärzung und Intensität wird durch eine besondere Untersuchung gesichert. Sämtliche verwerteten Aufnahmen sind bei vollkommen konstant experimentellen Verhältnissen am Spektrographen erhalten und mit unverändertem Photometer ausgemessen worden. Es wurden Platten gleicher Emulsion unter stets gleichen photographischen Bedingungen bearbeitet. Durch Serienaufnahmen verschiedener Spektren auf der gleichen Platte wurde der unmittelbare Vergleich der Spektrogramme möglich gemacht. Mittels Anschlußmessungen verschiedener Serien wurden die Aufnahmen über den Zeitraum mehrerer Monate untereinander direkt in Beziehung gesetzt. Die Wiederholung der gleichen Spektralaufnahmen auf gleicher sowie auf verschiedenen Platten sicherte quantitativ den Genauigkeitsgrad der Messungen.

Für 6 definierte Wellenlängen, die an der durch Quecksilberlampe bestimmten Dispersionskurve des Spektrographen festgelegt wurden, wurde

der Gang der Zenithstrahlung in Abhängigkeit von Sonnenstand und Reinheitsgrad der Atmosphäre verfolgt. Die Intensität der Zenithstrahlung wächst mit der Sonnenhöhe und ist bei Vorhandensein optischer Trübungen gegenüber dem wolkenlosen klaren Himmel gesteigert. Die Frühjahrswerte der Zenithstrahlung liegen bei gleicher Sonnenhöhe über den Herbstwerten. Die U.-V.-Intensität eines Himmelspunktes im Sonnenvertikal ist unter gleichen atmosphärischen Verhältnissen außer von der Sonnenhöhe auch von der Sonnenentfernung abhängig. Am stärksten strahlt die Sonnenumgebung, am wenigsten der in 90^0 Sonnenabstand gelegene Dunkelpunkt. Der Nordhimmel hat daher allgemein geringere Intensität als der Südbogen des Sonnenvertikals. Die Wirkung atmosphärischer Trübungen und des jahreszeitlichen Einflusses ist an anderen Himmelspunkten dieselbe wie beim Zenithlicht. Im Bereich der längeren Wellenlängen des hier betrachteten U.-V. macht sich gegenüber den kürzeren Wellenlängen der Einfluß der atmosphärischen Trübung viel stärker geltend. Beim Übergang vom Südhimmel zum Nordbogen des Vertikals kommt es zu einer relativen Verstärkung der kürzeren Wellenlängen, die eine Verlagerung des spektralen Energiemaximums innerhalb dieses U.-V.-Bereiches herbeiführt. Es wird ein qualitatives Maß als Charakteristik dieser spektralen Energieverlagerung aufgestellt.

Der mit Photozellen im sichtbaren und am äußersten ultravioletten Ende des Spektrums gemessene Gang der Strahlung im Sonnenvertikal wird mit den hier betrachteten spektralen Messungen des zwischen ihnen gelegenen U.-V.-Bereiches in Übereinstimmung gefunden.

Für die Anregung zu dieser Arbeit sowie für die überaus freundliche Unterstützung bei den Untersuchungen im Observatorium Potsdam bin ich ganz besonders dem Direktor, Herrn Oberregierungsrat Dozent Dr. O. Hoelper, zu Dank verpflichtet. Gleichzeitig schulde ich Herrn Professor Dr. H. v. Ficker Dank für die rege Anteilnahme an dem Fortgang der Arbeit.

LITERATUR.

1. C. Dorno, Studie über Licht und Luft des Hochgebirges. Braunschweig 1911.
2. C. Dorno-Lindholm, Helligkeitsverteilung über den Himmel im U.-V. Met. Ztschr. 1929. S. 281.
3. C. Dorno, Himmelshelligkeit, Himmelspolarisation und Sonnenintensität in Davos. Veröff. d. Pr. Met. Inst., Abh. VI. Berlin 1919.
4. G. Eberhard, G., Photographische Photometrie. Handb. d. Astrophysik, Bd. VII.
5. O. Hoelper, Untersuchungen über Sonnen- und Himmelsstrahlung. Veröff. d. Met. Obs. Aachen 1932.
6. O. Hoelper, Über die Intensitätsverteilung im U.-V.-Sonnenspektrum. Ztschr. f. Geophys. 1927. S. 184.
7. O. Hoelper, Messungen der Sonnen- und Himmelsstrahlung im kurzwelligen Spektrum. Ber. d. Strahlungsklim. Stat.-Netzes im Nordseegebiet, Bd. 3.

LEBENSLAUF

Am 25. Januar 1904 wurde ich, Wilhelm Schloemer, in Aachen als Sohn des Kaufmanns Willi Schloemer geboren. Nach Absolvierung der Knabenmittelschule sowie der Präparandenanstalt zu Aachen legte ich im Jahre 1924 an dem staatlichen Lehrerseminar zu Cornelimünster das Abschlußexamen ab. Im Dezember des gleichen Jahres begann ich in einem externen Kurs an der städtischen Oberrealschule in Aachen meine Vorbereitung zur Reifeprüfung, die ich im April 1928 ablegte. Im Sommersemester 1927 wandte ich mich dem Studium der Naturwissenschaften zu. Nach viersemestrigem Studium in der Fakultät für Allgemeine Wissenschaften an der Technischen Hochschule zu Aachen setzte ich an der Kölner Universität über 3 Semester meine weitere naturwissenschaftliche Ausbildung fort. Im Juli 1931 legte ich dortselbst die akademische Prüfung für das Lehramt an mittleren Schulen ab. Vom Wintersemester 1933/34 ab studierte ich an der Technischen Hochschule Aachen, vom Sommersemester 1936 ab an der Universität Berlin.

Meine Studienfächer waren: Meteorologie, Ozeanographie, Physik, Mathematik, Chemie und Geographie.

Meine Lehrer waren die Herren Professoren: Blumenthal, Bartels, Benrath, Brandt, Defant, Eckert, von Ficker, Foersterling, Hopf, Krauß, Kähler, Lipp, Rinkel, Seitz, Starke und Schleicher.

Ihnen allen, besonders aber den Herren Referenten dieser Arbeit bin ich zu Dank verpflichtet.